ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 624.011.14

Инженерная методика расчета протяженных деревянных панелей с дощатыми обшивками и фанерными ребрами

Г.Э. Муро, Н.Д. Шевченко
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация
В настоящей работе исследуется инженерный метод расчета протяженных деревянных панелей, снабженных дощатыми обшивками и фанерными ребрами. Для разработки данного аналитического подхода сопоставлены две теоретические концепции: уточненная расчетная схема и модель эквивалентного двутавра. Цель исследования — проведение сравнительного анализа указанных вариантов вычислений и выбор оптимального из них. С этой целью получены математические зависимости для определения ключевых геометрических характеристик. Выполнена оценка точности результатов, полученных в рамках обоих подходов. Установлена величина погрешности, возникающей при переходе от уточненной расчетной модели к упрощенной схеме эквивалентного двутавра. Полученные данные имеют высокую практическую значимость, поскольку они позволяют существенно упростить вычисление геометрических параметров составных деревянных панелей. Перспективы работы связаны с дальнейшим развитием предложенного метода применительно к протяженным деревянным панелям составного сечения.

Ключевые слова: деревянные конструкции, инженерная методика, деревянные панели, протяженные панели, геометрические характеристики

Для цитирования. Муро Г.Э., Шевченко Н.Д. Инженерная методика расчета протяженных деревянных панелей с дощатыми обшивками и фанерными ребрами. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(4):28–32.

Methodology for Engineering Computation of the Elongated Plank-Sheathed Wooden Panels with Plywood Ribs

Genrih E. Muro, Nikita D. Shevchenko
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract
The article studies the methodology for engineering computation of the elongated plank-sheathed wooden panels with plywood ribs. To develop the present analytical approach, two theoretical concepts were compared: a refined computational model and an I-beam equivalent model. The aim of the study was to conduct a comparative analysis of these variants of computation and select the optimal one. To achieve the above aim, the mathematical dependencies were derived to determine the key geometric characteristics. The accuracy of the results obtained by both approaches was assessed. The error magnitude occurring in case of transition from the refined computational model to the simplified I-beam equivalent model was determined. The obtained data are of great practical importance as they make computation of the geometric parameters of composite wooden panels much simpler. The further prospects of the research lie in adjusting the proposed methodology to be used with the elongated wooden panels of composite cross-sections.

Keywords: wooden structures, engineering methodology, wooden panels, elongated panels, geometric characteristics

For Citation: Muro GE, Shevchenko ND. Methodology for Engineering Computation of the Elongated Plank-Sheathed Wooden Panels with Plywood Ribs. *Young Researcher of Don*. 2026;11(4):28–32.

Введение. Современное развитие строительной отрасли характеризуется активным применением деревянных конструкций, что обусловлено их экологичностью, технологичностью и высокой эффективностью при возведении зданий различного назначения [1]. Особое распространение в последние годы получили крупноформатные протяженные панели, используемые в перекрытиях, покрытиях и стеновых системах. Применение таких

© Муро Г.Э., Шевченко Н.Д., 2026

конструкций позволяет перекрывать значительные пролеты при относительно малой массе и высокой степенью заводской готовности элементов [2].

В связи с этим актуальной задачей является разработка инженерной методики, обеспечивающей рациональное сочетание точности и простоты расчетов. Интерес представляет оценка возможности применения упрощенных расчетных схем, основанных на приведении составных сечений к эквивалентным моделям, при сохранении необходимой точности определений.

Основная часть. В рамках настоящего исследования разработана инженерная методика расчета протяженных деревянных панелей с дощатыми обшивками и фанерными ребрами. Рассмотрены две расчетные схемы — уточненная схема и схема эквивалентного двутавра (рис. 1).

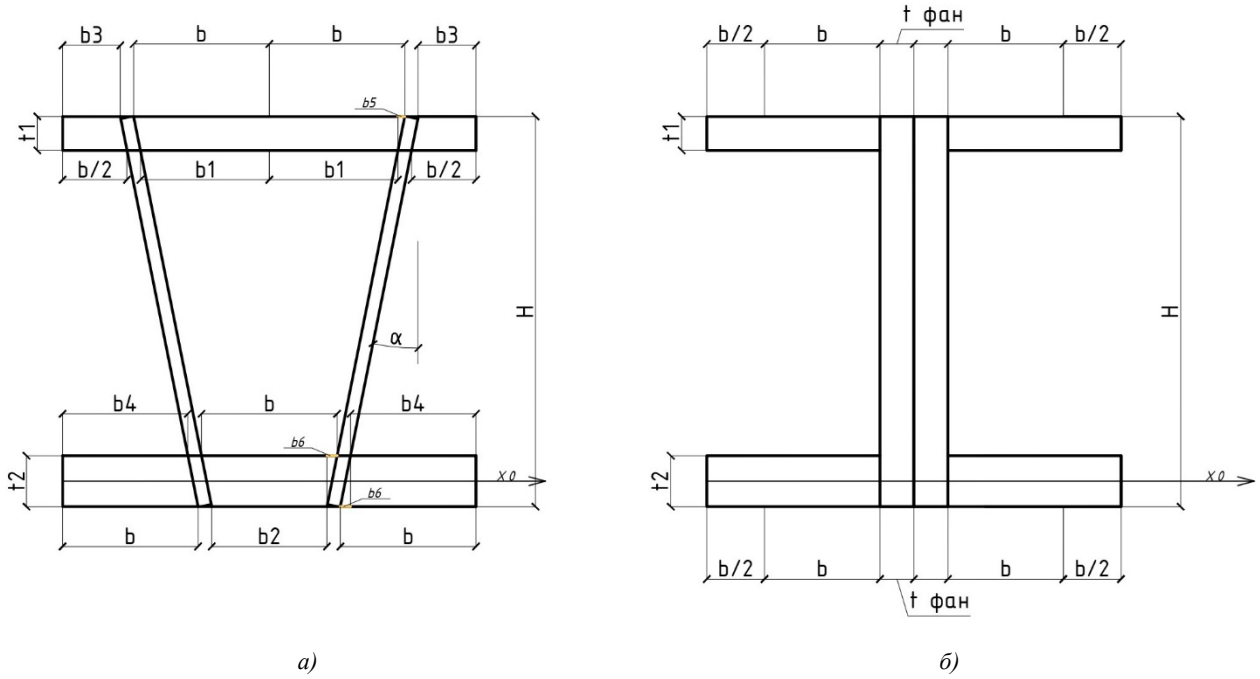

Рис. 1. Расчетные схемы: *а* — уточненная схема; *б* — схема эквивалентного двутавра

Для указанных схем получены формулы, позволяющие определить основные характеристики сечения. Исходными данными для расчета служат:

– Ширина доски — b;

– Толщина досок верхней и нижней обшивок — t_1 и t_2;

– Толщина фанерного ребра — $t_ф$;

– Высота панели — H.

1. Определение геометрических характеристик сечения.

По уточненной схеме:

$$tan(\alpha) = \frac{b}{2 \cdot H},$$

где α — угол наклона фанерных ребер.

$$h = \frac{H}{cos(\alpha)} - tan(\alpha) \cdot t_ф,$$

где h — длина фанерного ребра

Так как фанерные ребра находятся под углом к верхней и нижней доскам обшивки, эти доски принимают вид равнобедренной трапеции, у которой известно одно из оснований. Второе — меньшее основание досок находятся по формулам:

$$b_5 = tan(\alpha) \cdot t_1,$$

где b_5 — расстояние, на которое уменьшается второе основание досок верхней обшивки.

$$b_6 = tan(\alpha) \cdot t_2,$$

где b_6 — расстояние, на которое уменьшается второе основание досок нижней обшивки.

$$b_1 = b - b_5,$$

где b_1 — меньшее основание центральных досок верхней обшивки.

https://mid-journal.ru

$$b_3 = b - b_5,$$

где b_3 — меньшее основание крайних досок верхней обшивки.

$$b_2 = b - 2 \cdot b_6,$$

где b_2 — меньшее основание центральной доски нижней обшивки.

$$b_4 = b - b_6,$$

где b_4 — меньшее основание крайних досок нижней обшивки.

По схеме эквивалентного двутавра исходные данные позволяют переходить к дальнейшим расчетам без дополнительных расчетов геометрических характеристик сечения.

2. Определение коэффициента приведения.

Коэффициент приведения m — это параметр, который используется при расчете составных деревянных конструкций [3]. Коэффициент приведения дает возможность привести характеристики разнородных материалов сечения к единому эквивалентному материалу, определяется по формуле:

$$m = \frac{E_{\text{др}}}{E_{\text{фан}}} = \frac{10000\,\text{МПа}}{9000\,\text{МПа}} \approx 1{,}11, \quad (1)$$

где $E_{\text{др}}$ и $E_{\text{фан}}$ — модули упругости древесины и фанеры, соответственно.

3. Определение приведенной площади.

Приведенная площадь — это площадь составного сечения, приведенная к одному материалу с помощью коэффициента приведения (1) [4].

По уточненной схеме:

$$A_{\text{пр,др}} = \left[\frac{1}{2}\cdot(b+b_1)\cdot t_1 \cdot 2\right] + \left[\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{b}{2}+b_3\right)\cdot t_1 \cdot 2\right] +$$
$$+\left[\frac{1}{2}\cdot(b+b_2)\cdot t_2\right] + \left[\frac{1}{2}\cdot(b+b_4)\cdot t_2 \cdot 2\right] + \left[m \cdot 2 \cdot h \cdot t_{\phi}\right].$$

По схеме эквивалентного двутавра:

$$A_{\text{пр,др}} = (3 \cdot b)\cdot(t_1 + t_2) + m \cdot 2 \cdot t_{\text{ф}} \cdot H.$$

4. Определение приведенного статического момента.

По уточненной схеме:

$$S_{x0,\text{пр.д.}} = \left[(b+b_1)\cdot t_1\right]\cdot\left(H - \frac{t_1}{2}\right) + \left[\left(\frac{b}{2}+b_3\right)\cdot t_1\right]\cdot\left(H - \frac{t_1}{2}\right) +$$
$$+\left[\frac{1}{2}\cdot(b+b_2)\cdot t_2\right]\cdot\left(\frac{t_2}{2}\right) + \left[(b+b_4)\cdot t_2\right]\cdot\left(\frac{t_2}{2}\right) + \left[m \cdot 2 \cdot h \cdot t_{\text{ф}}\right]\cdot\left(\frac{H}{2}\right).$$

По схеме эквивалентного двутавра:

$$S_{x0,\text{пр.д.}} = \left[(3 \cdot b)\cdot\left(H - \frac{t_1}{2}\right)\right] + \left[(3 \cdot b)\cdot t_2 \cdot \frac{t_2}{2}\right] + \left[m \cdot 2 \cdot t_{\text{ф}} \cdot H \cdot \frac{H}{2}\right].$$

5. Определение положения нейтральной оси.

Нейтральная ось — линия поперечного сечения, в точках которой нормальные напряжения, параллельные оси равны нулю [4]. Она делит сечение на две зоны:

– растянутую (волокна удлиняются, действует растягивающее напряжение);

– сжатую (волокна укорачиваются, действует сжимающее напряжение).

Положение нейтральной оси для обеих схем вычисляется по формуле:

$$y_0 = \frac{S_{x0,\text{пр.д.}}}{A_{\text{пр.д.}}}.$$

6. Определение приведенного момента инерции [4].

$$I_{\text{пр}} = \sum\left[(I_{i,\text{собств}} \cdot m + A_{\text{пр.}i} \cdot (y_i - y_0)^2\right],$$

где $I_{пр}$ — приведенный момент инерции всего сечения; $I_{i,\ собств}$ — приведенный момент инерции элемента сечения; m — коэффициент приведения, применяемый для элементов сечения, материал которых отличен от приведенного (1); $A_{пр.i}$ — приведенная площадь элемента сечения; y_i — расстояние от центра тяжести элемента до нейтральной оси всего сечения; y_0 — положение нейтральной оси сечения.

Полученные аналитические зависимости позволяют сопоставить результаты расчета по обеим схемам, оценить точность упрощенной схемы, обосновать допустимость ее применения.

Сопоставление результатов расчета, выполненного с использованием программного комплекса Excel (рис.2), показало, что расхождение между значениями, полученными по двум моделям, составляет порядка 3%. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что погрешность результатов в большей степени зависит от высоты панели. Оценка выполнена для следующих характеристик:

– приведенная площадь сечения $A_{пр}$;

– приведенный статический момент $S_{пр}$;

– приведенный момент инерции $I_{пр}$.

	Едр	Ефан	t1	t2	H	b	t фан						
	10 000,00	9 000,00	40,00	50,00	600,00	100,00	12						
	МПа	МПа	мм	мм	мм	мм	мм						
m=	1,11												
Tan a =	0,0833	ArcTg	0,0831	Угол в °	4,8								
Cos a =	0,9965	ArcCos	0,0837	Угол в °	4,8								
h=	601,1		Проекция фанеры верх		12,04	0,98	40,14		Проекция фанеры низ		12,04	0,98	50,18
b5=	3,332												
b6=	4,165		А верх		11 733,44					А низ		14 583,50	
b1=	96,67												
b3=	46,67												
b2=	91,67												
b4=	95,835												
A=	42 346,27		S=	11 978 782,70					А разница	1,52%			
Y0=	282,88								S разница	1,29%			
I пр=	2 489 470 853,24	мм4	в м4 =	24,89	разница	2,23%							

Рис. 2. Результаты расчетов с использованием программного комплекса Excel

Определение приведенных геометрических характеристик сечения протяженной панели закладывает основу для последующих этапов вычислений. Так, полученные значения площади, статического момента, а также момента инерции позволяют корректно учитывать совместную работу элементов составного сечения.

Последующий этап проектирования протяженных панелей включает проведение проверочных расчетов. Найденные характеристики сечения применяются при оценке прочности конструкции по нормальным и касательным напряжениям, а также при верификации элементов панели в сжатой и растянутой зонах [5]. Дополнительно оценивается жесткость конструкции, что предполагает определение величины прогибов [6].

Заключение. В работе проведено сопоставление методик анализа протяженных деревянных панелей составного сечения по уточненной схеме и модели эквивалентного двутавра. Предложенные математические зависимости позволяют исследовать оба подхода и сравнить полученные результаты. На основе этих данных определена погрешность вычислений. Сделан вывод о том, что величина данного расхождения допускает переход к упрощенной расчетной схеме без существенной потери точности — это позволяет использовать формулы эквивалентного двутавра для выполнения дальнейших проверок.

Список литературы

1. Арискин М.В., Болдырев С.А. *Современные металлические и деревянные конструкции. Деревянные конструкции: учебное пособие.* Пенза. ПГУАС; 2015. 88 с. URL: https://studfile.net/preview/21539538 (дата обращения: 10.02.2026).

2. Ермолаев В.В., Лобов Д.М., Торопов А.С., Клюев С.В. *Основы строительных конструкций. Деревянные конструкции: учебное пособие.* Новгород: ННГАСУ; 2023. 70с. URL: https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/building_design/877198.pdf?ysclid=mp2wwcsdtn815411097 (дата обращения: 17.02.2026).

3. Антоненко Н.А. *Строительные конструкции зданий и сооружений из дерева и пластмасс: учебное пособие.* Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета; 2019. 96 с. URL: http://sdo.rimsou.ru/pluginfile.php/32505/mod_resource/content/1/Уч.%20пособие%20часть%202%20в%20печать.pdf?ysclid=mp2wx5etj6928737612 (дата обращения: 17.02.2026).

4. Витюнин М.А., Чикова О.А. *Сопротивление материалов: учебное пособие.* Екатеринбург: УрГПУ; 2014, 136 с. URL: https://elar.uspu.ru/bitstream/ru-uspu/48271/1/uch00074.pdf?ysclid=mp2wxsmoos209536679 (дата обращения: 20.02.2026).

5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Москва: Стройиздат, 1986, 143 с. URL: https://postroitbanju.ru/docs/doc_pos_snip-II-25-80.pdf?ysclid=mp2wyi7w7b841141498 (дата обращения 24.02.2026).

6. СП64.13330.2017. Деревянные конструкции. Москва: Минстрой России, 2017. 108 с. URL: https://nav.tn.ru/cloud/iblock/9f3/9f392fae157833915d7d3a934fa55841/SP-64.13330.2017-Derevyannye-konstruktsii.pdf?ysclid=mp2wzx2voa264695085 (дата обращения: 04.03.2026).

Об авторах:

Генрих Эдуардович Муро, старший преподаватель кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), muro-@mail.ru

Никита Дмитриевич Шевченко, аспирант кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), nikita-shevchenko1@yandex.ru

Конфликт интересов: **авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Genrih E. Muro, Senior Lecturer of the Metal, Wooden and Plastic Structures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), muro-@mail.ru

Nikita D. Shevchenko, Postgraduate Degree student of the Metal, Wooden and Plastic Structures Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), nikita-shevchenko1@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: **the authors declare no conflict of interest.**

All authors have read and approved the final manuscript.